

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA**  
**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE**  
**VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO-**  
**MANAUS/AM**

**Bolsista: Adriana de Souza Farias, CNPq**

**MANAUS**

**2010**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA**  
**PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Bolsista: Adriana de Souza Farias, CNPq**

**Orientador: Prof. Dr. Antonio Fábio Guimarães Vieira.**

**RELATÓRIO FINAL**

**PIB-E/0012/2009**

**MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE  
VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO-  
MANAUS/AM**

**MANAUS  
2010**

# MORFOMETRIA DAS ENCOSTAS E PROCESSOS DE VOÇOROCAMENTO NA BACIA COLÔNIA ANTÔNIO ALEIXO- MANAUS/AM

## RESUMO

O trabalho parte da análise de dados obtidos em 2006 (VIEIRA, 2008) no qual das 91 voçorocas cadastradas em Manaus/AM, 58 estavam na Zona Leste e 50 na bacia Colônia Antonio Aleixo. A área de estudo está localizada na Bacia Colônia Antônio Aleixo, que abrange o bairro de mesmo nome, parte dos bairros Distrito Industrial II, Puraquequara, São José do Operário, Jorge Teixeira. Tancredo Neves. Tomando como base a área do Distrito Industrial II, onde estão localizadas a maior parte das incisões, possui valor equivalente há R\$ 79,00/m<sup>2</sup> para o respectivo bairro, estipulado pela Prefeitura de Manaus no ano de 2009. O trabalho buscou analisar a relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo, além de caracterizar os principais parâmetros morfométricos das encostas nesta bacia; descrever as voçorocas ali existentes; correlacionar os dados morfométricos das encostas e voçorocas; monitorar a expansão das voçorocas. Os procedimentos adotados para a declividade média de cada encosta com ocorrência de voçorocas foi determinada diretamente em campo com o uso da Bússola de Bruton, auxiliada pelas cartas de escala 1:10.000 (IMPLURB, 2006) ao passo que a forma e o comprimento foram verificados em laboratório com a utilização do software ArcGis 9.3 (2008), obedecendo para isso à classificação de forma de encosta descrita por Ruhe (1975). Os resultados apontam que a maioria das voçorocas é do tipo conectada, prevalecendo à forma retangular. As encostas onde ocorrem essas incisões apresentam declividade média de 35° predominando a forma do tipo convexa, 5 das 9 voçorocas ocorrem em declividade superior a 30°. A área de maior abrangência das incisões diz respeito à voçoroca 9 que corresponde a um total de 5.529,00 m<sup>2</sup>, e média geral de 2.359,76 m<sup>2</sup>. O maior dano da área refere-se também à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89. Comparado com os valores das voçorocas cadastradas em 2006 verificou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010. Em relação ao total de volume atribuído a cada voçoroca, ou seja, a perda deste volume, devido ao processo erosivo pode-se afirmar que o menor volume corresponde á 6.513,60 m<sup>3</sup>, atribuído a voçoroca 5. Por outro lado, a voçoroca 9 apresenta o maior volume erodido equivalente á 126.061,20 m<sup>3</sup>, sendo o volume

médio geral de 48.200,49 m<sup>3</sup>. Os dados obtidos por meio das correlações de variáveis indicam que existe uma forte relação entre o comprimento da voçoroca e volume erodido, comprimento e largura (voçoroca), comprimento e área (voçoroca), observando que à medida que um desses fatores aumenta/diminui interfere diretamente no outro. As correlações realizadas entre os dados das encostas e voçorocas apresentaram baixa correlação, indicando, portanto pouca ou nenhuma relação das voçorocas com os parâmetros morfométricos das encostas (declividade, comprimento da encosta, forma de encosta).

**PALAVRAS-CHAVE:** voçorocas, encostas, bacia Colônia Antônio Aleixo.

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Morfometria de Encosta.....	7
2.2 Processos de Voçorocamento.....	7
<b>3. METODOS UTILIZADOS.....</b>	<b>9</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>10</b>
4.1 Análise comparativa morfométrica das voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo.	11
4.2 Análise comparativa da declividade e orientação de expansão das voçorocas.....	11
4.3 Área e volume erodidos.....	12
4.4 Aumento das incisões e correlação das variáveis.....	13
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>16</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O surgimento de feições erosivas do tipo voçorocas depende das variações das taxas de erosão, as quais estão ligadas à ação de fatores controladores, como os processos hidrológicos, as propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (GUERRA, 2008) e a intervenção antrópica (VIEIRA, 2008; MOLINARI, 2007). Em Manaus um dos principais fatores naturais ligados ao desenvolvimento de voçorocas refere-se às encostas, com destaque para aquelas que apresentam as maiores declividades (VIEIRA, 2008).

Nas encostas com acentuado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, possibilitando o escoamento superficial (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985). A FAO (1967) aponta como principais conseqüências da inclinação de terrenos a maior velocidade de fluxos de água concentrados e a maior quantidade de partículas do terreno arrancadas de seu lugar e transportadas para perto ou longe de seu ponto de origem. Outro aspecto ligado a influência das encostas nos processos erosivos diz respeito ao comprimento (FAO,1967; SCHULTZ, 1983; CUNHA et al., 1991), parâmetro este que deve ser analisado em conjunto com outros aspectos, tais como declividade, formas da encosta e propriedades do solo (GUERRA, 2008).

A forma da encosta representa também um importante papel na erodibilidade dos solos. Morgan (1986) destaca a importância das cristas longas, com encostas curtas convexas, como sendo características morfológicas que propiciam a erosão dos solos. Encostas, topos ou cristas e fundos de vale, canais, corpos de água subterrânea, sistemas de drenagem urbanos e áreas irrigadas, entre outras unidades espaciais, estão interligadas como componentes de bacias de drenagem (COELHO NETTO, 2008).

Pelo exposto, o trabalho teve por objetivo analisar a relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM), além de caracterizar os principais parâmetros morfométricos das encostas da bacia da Colônia Antônio Aleixo; descrever as voçorocas existentes na área da bacia; correlacionar os dados morfométricos das encostas e voçorocas; monitorar a expansão das voçorocas.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Morfometria de Encosta

As encostas, como parte integrante de uma bacia, podem ser entendidas como espaços físicos situados entre os fundos de vales e os topos ou cristas da superfície crustal os quais definem as amplitudes do relevo e seus gradientes topográficos (COELHO NETTO, 2008). Um dos principais fatores que afetam as encostas é a erodibilidade dos solos, caracterizada como a resistência do solo em ser removido ou transportado (GUERRA, 2008). As propriedades do solo em termos de erosão na encosta manifestam-se de diferentes maneiras: por meio da declividade, do comprimento e da forma da encosta (GUERRA, 2008).

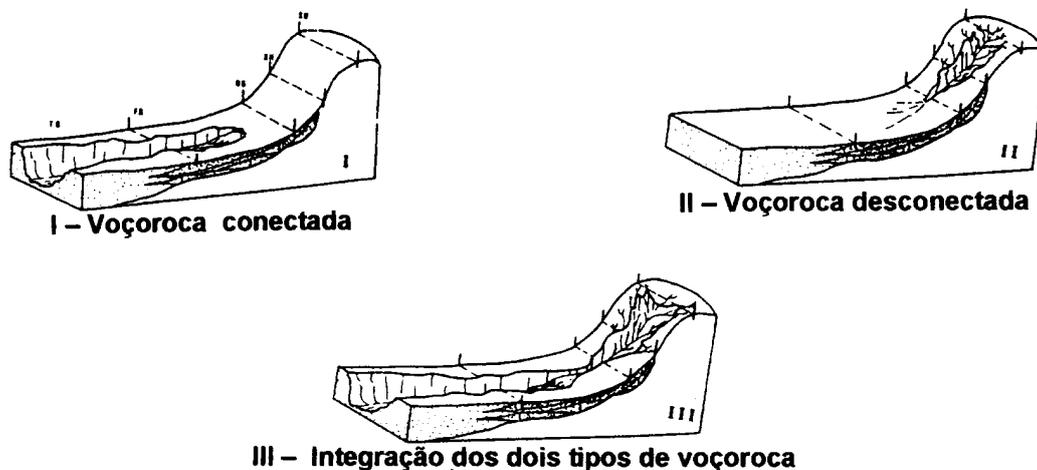
O comprimento da encosta é aceito como parâmetro que afeta a erosão do solo. Assim como constata vários trabalhos os quais apontam que o *runoff* (escoamento superficial) aumenta em velocidade e quantidade, cada vez que o comprimento das encostas aumenta. A forma da encosta representa importante papel na erodibilidade dos solos (GUERRA, 2008). Encostas convexas com topo plano podem armazenar água que, se liberada em fluxos concentrados, pode dar origem a ravinas e até mesmo voçorocas (GUERRA, 2008).

Os vários processos que se verificam nas encostas, tais como escoamento, meteorização, movimentos de regolito, infiltração e eluviação, fazem com quem haja o fluxo de matéria e energia através do sistema, que acaba sendo transferido para o sistema fluvial. As encostas podem ainda chegar à estabilidade, considerando que a forma permanecerá imutável com o decorrer do tempo, embora haja desgaste ou diminuição altimétrica do relevo (CHRISTOFOLETTI, 1981).

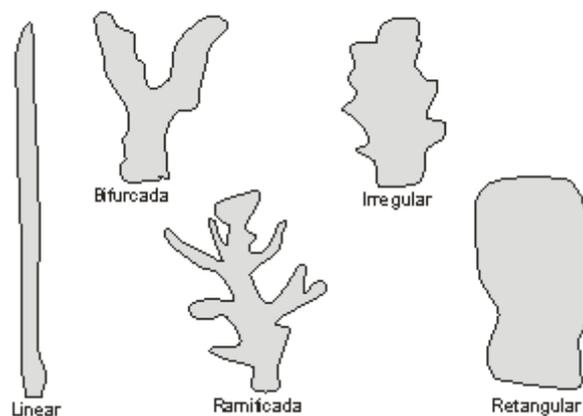
### 2.2 Processos de Voçorocamento

No que se refere a voçoroca, o conceito adotado neste trabalho a caracteriza como incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em **U** e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2010). As voçorocas podem ser agrupadas ainda pelo tipo (OLIVEIRA, 1989) em: conectadas, desconectadas e integradas (**Fig.1**). Podem ser classificadas também pela forma (**Fig.2**), como sendo: linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular (VIEIRA e ALBUQUERQUE, 2004). Vale destacar que algumas incisões mudam consideravelmente de forma (geometria) e essas mudanças e/ou formas estão relacionadas a mecanismos e características do local de ocorrência (tipo de solo, principalmente). Uma terceira forma de classificação refere-se ao tamanho da incisão,

o que constitui no volume erodido, ou seja, a relação entre comprimento, largura e profundidade (**QUADRO 1**).



**Fig.1** – Tipos de voçorocas (OLIVEIRA, 1989).



**Fig.2** - Formas de voçorocas (VIEIRA, 2008).

**QUADRO 1** – Classificação das voçorocas por tamanho (m<sup>3</sup>).

Ord.	Volume erodido	Tamanho
01	até 999 m <sup>3</sup>	Muito pequena
02	de 1.000 m <sup>3</sup> até 9.999 m <sup>3</sup>	Pequena
03	entre 10.000 e 19.999 m <sup>3</sup>	Média
04	entre 20.000 e 40.000 m <sup>3</sup>	Grande
05	mais de 40.000 m <sup>3</sup>	muito grande

Fonte: Vieira e Albuquerque (2004).

### 3. METÓDOS UTILIZADOS

A área está localizada na Bacia Colônia Antônio Aleixo, que abrange o bairro de mesmo nome, parte dos bairros Distrito Industrial II, Puraquequara, São José do Operário, Jorge Teixeira. Tancredo Neves mesmo que em parcelas menores. A litologia da cidade de Manaus é constituída predominantemente pela Formação Alter do Chão e está inserida no Planalto da Amazônia Oriental (ROSS, 2000); localmente a altimetria desse relevo não ultrapassa os 120 metros e é classificado como interflúvia tabular, cortado por uma rede de canais (VIEIRA, 2008). Em Manaus, a temperatura média compensada anual na área urbana fica em 26,7° C, com média das máximas em 31,5° C e médias das mínimas em 23,2° C (AGUIAR, 1995). Nesta, são evidenciadas duas principais classes de solo: os *Latossolos* e os *Espodossolos*. O primeiro, com variações de cor amarela a vermelho-amarela possui maior representatividade em Manaus (VIEIRA, 2008).

Paralelamente a fundamentação teórica, foi feita a caracterização da morfometria das encostas com ocorrência de voçorocas. A declividade média de cada encosta com ocorrência de voçorocas foi determinada diretamente em campo com o uso da Bússola de Bruton, auxiliada pelas cartas de escala 1:10.000 (IMPLURB, 2006) ao passo que a forma e o comprimento foram verificados em laboratório com a utilização do software ArcGis 9.3 (2008), obedecendo para isso à classificação de forma de encosta descrita por Ruhe (1975).

Foi aplicado o método da **Correlação Linear Simples** para os dados métricos das voçorocas (comprimento, largura e profundidade) assim como em relação ao comprimento e declividade da encosta. Ao final, gráficos e tabelas foram gerados para melhor representar os resultados obtidos, assim como mapas com a localização das voçorocas e algumas características do relevo como altimetria e declividade, além de realizar os cálculos da área total (comprimento x largura) e volume total (área total x profundidade).

## 4.RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análise morfométrica das voçorocas na bacia Colônia Antônio Aleixo.

Os dados morfométricos configuram-se em três momentos de coletas, o primeiro em 2006 (VIEIRA, 2008) (**ANEXO 1**) o segundo em 2009 (**ANEXO 2**) e o terceiro realizado em 2010 (**QUADRO 2**). Na área da bacia Colônia Antônio Aleixo foram localizadas 50 voçorocas (VIEIRA, 2008) o que representa mais de 86% do total existente na Zona Leste (onde a bacia está inserida) que é de 58 incisões. Desse total da bacia, foram escolhidas apenas 9 para um monitoramento de maior detalhe (**ANEXO 3**).

**QUADRO 02** – Morfometria das voçorocas em 2010 e forma da encosta.

Voc.	Tipo da Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp.(m)	Larg.(m)	Prof.(m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	82,0	36,7	16,5
2	Conectada	Retangular	Talude	45,4	19,9	20,7
3	Conectada	Retangular	Talude	82,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Côncava/Convexa	46,8	26,0	16,0
5	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	30,0	18,4	11,8
6	Conectada	Bifurcada	Convexa/Convexa	44,3	37,5	11,3
7	Integrada	Retangular	Convexa/Côncava	60,0	43,5	30,0
8	Integrada	Bifurcada	Convexa/Côncava	40,0	66,0	24,0
9	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	114	48,5	22,8

No ano 2006 (**ANEXO 1**) verificou-se que o tipo e a forma de voçoroca predominantes eram respectivamente a conectada e a retangular. Em relação a forma da encosta em que as voçoroca se desenvolviam predominava a convexa/convexa. Os maiores valores relativos ao comprimento, largura e profundidade das voçorocas monitoradas são: 80 m; 43,9 m; 30,8 m respectivamente.

Em 2009 (**ANEXO 2**), os tipos de voçorocas dominantes foram: 5 conectadas e 4 integradas. Isso significa, que duas passaram do tipo conectada para integrada e uma desconectada tornou-se conectada. As formas das voçorocas também são representadas em sua maioria pelo padrão retangular, apresentando somente 2 da forma bifurcada de um total de 9 voçorocas. Nesse aspecto, a única ramificada em 2006, tornou-se bifurcada e uma retangular foi reativada e assumiu a forma bifurcada.

No último monitoramento realizado em 2010 (**QUADRO 2**) à forma de encosta das voçorocas 1, 5, 6 e 9 é do tipo convexa-convexa; as que correspondem ao número 2 e 3 estão em taludes, estando a 3 totalmente descaracterizada, observando, inclusive, vestígios de antigas construções. Algumas voçorocas nesse período (2006 a 2010) mudaram de forma, como é o caso das incisões 6 e 8 que em 2006 apresentavam respectivamente a forma ramificada e retangular e passaram em 2010 a ter ambas a forma bifurcada.

#### 4.2. Análise comparativa da declividade e orientação de expansão das voçorocas.

A maior declividade obtida foi de 44° na encosta onde se desenvolve a voçoroca 4 (**QUADRO 3**). É importante observar que na parte inferior da voçoroca, devido ao depósito de material pode ocorrer a gradativa diminuição da declividade, assim como na parte superior à medida que a incisão alcança o platô. Tais características explicam algumas mudanças na declividade obtidas anteriormente e comparadas com as atuais.

**QUADRO 3** - Análise comparativa da declividade e orientação das Voçorocas.

Voc.	Declividade 2010	Orientação 2006	Orientação 2009	Orientação 2010
1	40°	NO – SE	NO – SE	NO – SE
2	34°	NO – SE	NO – SE	SO – NE
3	14°	E – O	E – O	E – O
4	44°	NO – SE	NO – SE	NO – SE
5	39°	NO – SE	ONO – ESE	ONO – ESSE
6	26°	SO – NE	OSO – ENE	OSO – ENE
7	40°	SSE – NNO	S – N	S – N
8	35°	SSE – NNO	S – N	S – N
9	43°	O – E	O – E	O – E

A menor declividade verificada nas encostas com ocorrência de voçorocas foi de 14°. A maior declividade foi 44° e média 35°. A maior parte (n=7) das voçorocas encontra-se na declividade superior a 30°.

#### 4.3. Área e volume erodidos

A área de maior abrangência das incisões diz respeito à voçoroca 9 (**QUADRO 04**) que corresponde a um total de 5.529,00 m<sup>2</sup>, e a de menor área refere-se a voçoroca 5, com uma área de 552,00 m<sup>2</sup>, média geral de 2.359,76 m<sup>2</sup>. Tomando como base a área do Distrito Industrial II, onde as incisões estão localizadas, com o valor equivalente há R\$ 79,00/m<sup>2</sup> para o respectivo bairro, estipulado pela Prefeitura de Manaus, foi possível calcular os danos por área para cada incisão em valores monetários. O maior dano da área refere-se à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e o menor dano a voçoroca 5 é de R\$ 43.608,00 com danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89.

Comparado com os valores das voçorocas cadastradas em 2006 (**ANEXO 4**) verificou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010 (**QUADRO 4**). Em relação ao total de volume atribuído a cada voçoroca, ou seja, a perda deste volume, devido ao processo erosivo pode-se afirmar que o menor volume corresponde á 6.513,60 m<sup>3</sup>, atribuído a voçoroca 5. Por outro lado, a voçoroca 9 apresenta o maior volume erodido equivalente á 126.061,20 m<sup>3</sup>, sendo o volume

médio geral de 48.200,49 m<sup>3</sup> (**QUADRO 6**). Para cálculo dos danos por volume foi utilizado o valor do m<sup>3</sup> de areia e argila utilizadas na construção civil, sendo o valor médio do m<sup>3</sup> de areia de R\$ 40,00 e de argila de R\$ 15,00, o que resultou no valor médio de R\$ 27,50.

Pode-se afirmar, portanto que em 2006 a área total das incisões (**QUADRO 05**) era de 18.120,60 passando para 19.901,00 m<sup>2</sup> em 2010, o que representa um aumento em torno de 10%. No que se refere ao volume erodido para o mesmo período, ocorreu um aumento de 43,8 %, passando de 301.595,70 m<sup>3</sup> para 433.804,45 m<sup>3</sup> no ano de 2010.

**QUADRO 4 – Dados de área e volume (2010).**

<b>Voç.</b>	<b>Área Total * (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Danos da área total (R\$)</b>	<b>Volume total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Danos/volume total ** (R\$)</b>
1	3.009,40	237.742,60	49.655,10	1.365.515,25
2	903,46	71.373,34	18.701,62	514.294,60
3	3.116,00	246.164,00	52.972,00	1.456.730,00
4	1.216,80	96.127,20	19.468,80	535.392,00
5	552,00	43.608,00	6.513,60	166.980,00
6	1.661,25	131.238,75	18.772,13	516.233,43
7	2.610,00	206.190,00	78.300,00	2.153.250,00
8	2.640,00	208.560,00	63.360,00	1.742.400,00
9	5.529,00	436.791,00	126.061,20	3.466.683,00
<b>Total</b>	<b>21.237,91</b>	<b>1.677.794,89</b>	<b>433.804,45</b>	<b>13.607.417,00</b>

**QUADRO 5 – Total de área, volume e danos de área e volume.**

	<b>AREA (m<sup>2</sup>)</b>	<b>DANOS P/ÁREA (R\$)</b>	<b>VOLUME (m<sup>3</sup>)</b>	<b>DANOS P/VOLUME (R\$)</b>
<b>Total 2006</b>	18.120,60	1.231.746,85	301.595,70	
<b>Total 2009</b>	19.901,00	1.572.179,00	393.536,16	10.822.244,00
<b>Total 2010</b>	21.237,91	1.677.794,80	433.362,85	13.607.417,00

**QUADRO 6 - Análise comparativa das voçorocas monitoradas em 2009 e 2010.**

<b>Voc.</b>	<b>2009</b>			<b>2010</b>		
	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Danos (R\$)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Danos (R\$)</b>
1	2.789,80	44.636,80	1.447.906,20	3.009,40	49.655,10	1.603.257,85
2	826,60	13.225,60	429.005,40	903,46	18.701,62	585.667,94
3	3.040,00	51.680,00	1.661.360,00	3.116,00	52.972,00	1.702.894,00
4	1.120,00	15.232,00	507.360,00	1.216,80	19.468,80	631.519,20
5	552,00	6.513,60	222.732,00	552,00	6.513,60	222.732,00
6	1.504,80	14.596,56	520.284,60	1.661,25	18.772,13	647.472,18
7	2.610,00	78.300,00	2.359.440,00	2.610,00	78.300,00	2.359.440,00
8	2.640,00	63.360,00	1.950.960,00	2.640,00	63.360,00	1.950.960,00
9	4.817,80	105.991,60	3.295.375,20	5.529,00	126.061,20	3.903.474,00
<b>Total</b>	<b>19.901,00</b>	<b>393.536,16</b>	<b>12.394.423,40</b>	<b>21.237,91</b>	<b>433.804,45</b>	<b>13.607.417,00</b>

\* Refere-se aos danos relativos a área e volume erodidos. Sendo: área x R\$ 79,00 (valor do m<sup>2</sup> estipulado pela Prefeitura de Manaus para este bairro em dezembro/2009) somados a volume x R\$ 27,50 (valor médio de 1 m<sup>3</sup> da areia (50%) e argila (50%) – Manaus: dezembro/2009).

Portanto, para fazer a reposição do material erodido da menor incisão que é 6.513,60 m<sup>3</sup>, monitorada em 2010, o custo corresponde a R\$ 179.124,00 em reposição de material. É importante destacar que os valores atribuídos são aproximados, uma vez que esse cálculo serve somente para saber quanto se gastaria para repor o material perdido. Esse cálculo leva em consideração uma proporção de 50% de areia e 50% de argila. Partindo dessa perspectiva o valor total de sedimentos para recompor o total erodido nas 9 voçorocas seria de R\$ 10.822.244,40 em 2009 e de R\$ 13.607.417,00 no último monitoramento, representando um aumento de R\$ 3.534.131,425 entre este período .

Somando os danos por área e volume (recomposição do material erodido) no último monitoramento chega-se ao valor total de R\$ 16.364.473,67 somente para as 9 voçorocas monitoradas neste trabalho. Sendo o maior dano atribuído à voçoroca 9 R\$ 3.466.683,00 e o menor à voçoroca 5 R\$ 166.980,00, média geral de R\$ 1.818.274,852. Levando em consideração somente a área, verifica-se que de 2006 (área) a 2010 (área), houve um aumento de 36,21 %, passando de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89.

#### 4.4 Aumento das incisões e correlação das variáveis

Desse pequeno grupo, 3 voçorocas estão diretamente relacionadas a existência de canaletas (saídas d'água) nas suas respectivas cabeceiras. No caso em particular da voçoroca 9, duas canaletas (**FIGURA 4**) contribuem para a expansão lateral e longitudinal desta incisão.



Figura 4 - Vista em direção a montante da voçoroca 9. Seta vermelha aponta para saída d'água na forma de tubos de 100 mm de diâmetro. Seta amarela aponta para a canaleta. Distrito Industrial 2 – Manaus (AM). 12/09/09

Em segundo monitoramento realizado 9 meses após a primeira ida a campo, com intuito de reconhecer a área e coletar dados em campo, observou-se que algumas voçorocas aumentaram consideravelmente seu tamanho, como é o caso da

voçoroca 1, que aumentou de em termos de comprimento, passando de 74,0 m (setembro/2009) para 82,0 m (junho/2010) (**ANEXO 5**), tendo aumentado também em termos de largura e profundidade.

Em relação aos dados morfométricos obtidos 9 meses após ser realizado o primeiro campo notou-se que houve um significativo aumento das incisões, como pode ser visto a voçoroca 01, impossibilitando inclusive obtenção de dados mais precisos em virtude da dificuldade de acesso na parte que foi erodida indicada pela seta vermelha (**FIGURA 04**). Relacionando os dados do último monitoramento com o primeiro, pode-se afirmar que as voçorocas 01 e 09 foram as que mais cresceram em termos de comprimento, tendo um aumento de 8 m e 5 m, respectivamente. No que diz respeito à largura, as voçorocas que mais cresceram nesse quesito foram as número 06 e 09, aumentando respectivamente 3,3 e 4,3 m. Em termos de profundidade, as que obtiveram os maiores resultados foram as voçorocas 02 e 06, com acréscimo de 4,6 m e 1,6 m, concomitantemente.

Outra discussão importante é o perigo iminente que as voçorocas representam, pois algumas crescem em sentido das vias do tráfego de carros, observando que das nove monitoradas somente 2 não crescem neste sentido, considerando assim a incisão de número 02 a mais próxima das vias de tráfego representando uma distância de apenas 2,70 m em direção a pista. A importância dessas características remete-se, portanto, ao fato de como o aumento das incisões podem interferir na vida da população (danos materiais, tráfego e risco de vida, dentre outros), além dos problemas ambientais relacionados (perda de área e assoreamento, principalmente).

Os dados obtidos por meio das correlações de variáveis indicam que existe uma forte relação entre o comprimento da voçoroca e volume erodido, comprimento e largura (voçoroca), comprimento e área (voçoroca), observando que à medida que um desses fatores aumenta/diminui interfere diretamente no outro. Assim, como a área também se relaciona com o volume e largura (voçoroca), indicando seu nível de relação com tais parâmetros (**ANEXO 6**).

As correlações realizadas entre os dados das encostas e voçorocas apresentaram baixa correlação, indicando, portanto pouca ou nenhuma relação das voçorocas com os parâmetros morfométricos das encostas (declividade, comprimento da encosta, forma de encosta).

## **5.CONCLUSÃO**

As voçorocas monitoradas na Bacia Colônia Antônio Aleixo para esse trabalho apresentam em sua maioria a forma retangular que significa que foram resultantes de grande atividade erosiva. Como resultado desse crescimento tem-se o aumento dos valores relativos aos danos por área e por volume, que ultrapassam os 13 milhões até julho/2010. No caso específico dos danos por volume não foi possível fazer uma comparação com 2006, visto não ter sido contabilizado os danos por volume. Ainda assim, percebeu-se um aumento do volume erodido de 301.595,70 em 2006 para 433.804, 45 em 2010, um volume médio/anual erodido em torno de 4.474,25, entre os anos de 2009 e 2010, para esse grupo de voçorocas. Outro ponto importante, o maior dano da área refere-se à voçoroca 9, com R\$ 436.791,00 e o menor dano a voçoroca 5 é de R\$ 43.608,00 com danos médios de R\$ 186.421,64. Sendo o dano total de danos por área R\$ 1.677.794,89. Comparado com os valores relativos ao aumento da incisão das voçorocas cadastradas em 2006 observou-se um aumento de quase 36,21 %, de R\$ 1.231.746,85 para R\$ 1.677.794,89 em 2010. Pode-se afirmar, portanto que em 2006 a área total das incisões era de 18.120,60 passando para 19.901,00 m<sup>2</sup> em 2010, o que representa um aumento em torno de 10%.

Assim, pelas características de evolução dessas incisões nas encostas localizadas nessa bacia pode-se apontar uma relação direta com o sistema de drenagem, visto que as correlações não foram significativas para os parâmetros das encostas comparados com as voçorocas. Por outro lado, não se pode excluir por completo a relação entre o relevo e o surgimento e expansão dessas incisões em Manaus, pois conforme descreve Vieira (2008) na porção leste da cidade o relevo refere-se ao maior grau de dissecamento, onde se verificam encostas com grande declividade, curtas, vales encaixados, platôs mais estreitos e as maiores cotas altimétricas da cidade, justificando assim a maior incidência de voçorocas nessa área. Desta forma, uma voçoroca do tipo conectada que inicia sua expansão na base da encosta aumenta de tamanho mais rapidamente à medida que alcança a porção central. Ao passo que esse crescimento é retardado quanto mais próximo a incisão estiver do topo. Portanto, a análise qualitativa aponta uma forte relação entre a morfometria da encosta e o surgimento e expansão de voçorocas na bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus (AM), diferente da análise estatística (quantitativa).

### **AGRADECIMENTOS:**

Agradecemos à UFAM, ao Laboratório de Geografia Física - LAGEF, ao Grupo de Pesquisa *Geografia Física da Amazônia*, ao CNPq pela concessão de bolsas.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

AGUIAR, F. E. O. **As alterações climáticas em Manaus no século XX.** (Dissertação de Mestrado). Rio de Janeiro. UFRJ: Instituto de Geociências: Departamento de Geografia, 1995. 182 p.

BIGARELLA, J.J. e MAZUCHOWSKI, J.Z. Visão integrada da problemática da erosão. **In: 3o Simpósio Nacional de Controle de Erosão.** (Livro Guia). Maringá: ABGE/ADEA, 1985. 331 p.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. **In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p.93-148.

CUNHA, M.A. (Coord.); FARAH, F.; CERRI, L.E.S.; GOMES, L.A.; GALVÊZ, M.L.; BITAR, O.Y.; AUGUSTO FILHO, O. e SILVA, W.S. da. **Ocupação de Encostas.** São Paulo: IPT, 1991. 216 .

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 149p.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo.** Roma: FAO, 1967. 207 p.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. **In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. p.149-209

IMPLURB - Instituto Municipal de Planejamento Urbano. **Mapa topográfico de Manaus.** Escala 1:10.000. Curvas de Nível com equidistância de 5 m. Prefeitura Municipal de Manaus. IMPLURB, 2006. (formato digital).

MOLINARI, Deivison Carvalho. **Dinâmica erosiva em cicatrizes de movimento de massa - Presidente Figueiredo (Amazonas).** Florianópolis: UFSC/PPGG, 2007.168 p.

MORGAN, R.P.C. **Soil erosion and conservation.** Longman Group. Inglaterra, 1986. 298p.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira de. **Slope geometry and gully erosion development: Bananal, São Paulo, Brazil.** Berlim: Z. Geomorph. N. F., 1989.

ROSS, J.L.S. Fundamentos da Geografia da Natureza. **In: \_\_\_\_\_ (org.). Geografia do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 2000. p. 13-65

RUHE, R.V. **Geomorphology: Geomorphic processes and surficial geology.** Boston: Houghton Mifflin, 1975. 219p.

SCHULTZ, L.A. **Métodos de conservação do solo.** Porto Alegre: Sagra, 1983. 76 p.

**PMM – Prefeitura Municipal de Manaus.** Valores básicos dos bairros em R\$. Disponível em: <http://www.pmm.am.gov.br/secretarias/procuradoria>. Acesso em: 25/01/10.

VIEIRA, A, F. G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): fatores controladores e impactos urbano-ambientais.** (Tese de Doutorado). Florianópolis: UFSC/PPGG, 2008. 223p.

\_\_\_\_\_. Voçorocas e outras feições. In: **REBELLO, A. Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2010. p.41-65

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R..C. Cadastramento de voçorocas e análise do risco erosivo em estradas: BR -174 (Trecho Manaus-Presidente Figueiredo). In: **V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia**. Santa Maria: UFSM, 2004.

## 7. Cronograma de Atividades

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2009					2010						
1	Revisão e fundamentação teórica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	Cadastramento e caracterização das voçorocas	X	X			X	X			X	X		
3	Monitoramento das voçorocas		X									X	
4	Estimar os danos e custos de contenção			X				X				X	
5	Previsão de risco de danos a pista											X	
6	Identificação das principais causas										X		
7	Produção de gráficos, tabelas e mapas representativos									X	X	X	
8	Análise dos dados coletados				X				X	X	X	X	
9	Elaboração do Relatório Parcial					X	X						
10	Elaboração do Resumo e Relatório Final											X	X
11	Preparação da Apresentação Final para o Congresso												X

# ANEXO – 01

Morfometria das voçorocas em 2006 e forma da encosta (VIEIRA, 2008).

Voc.	Tipo de Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp. (m)	Larg. (m)	Prof. (m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	70,0	26,5	16,0
2	Desconectada	Retangular	Talude	40,5	19,7	15,8
3	Conectada	Retangular	Côncava/Côncava	80,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	40,0	28,8	14,7
5	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	50,0	18,0	12,0
6	Conectada	Ramificada	Convexa/Convexa	44,0	19,0	7,4
7	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	47,0	40,0	30,8
8	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	37,0	23,5	23,0
9	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	74,0	43,9	22,5

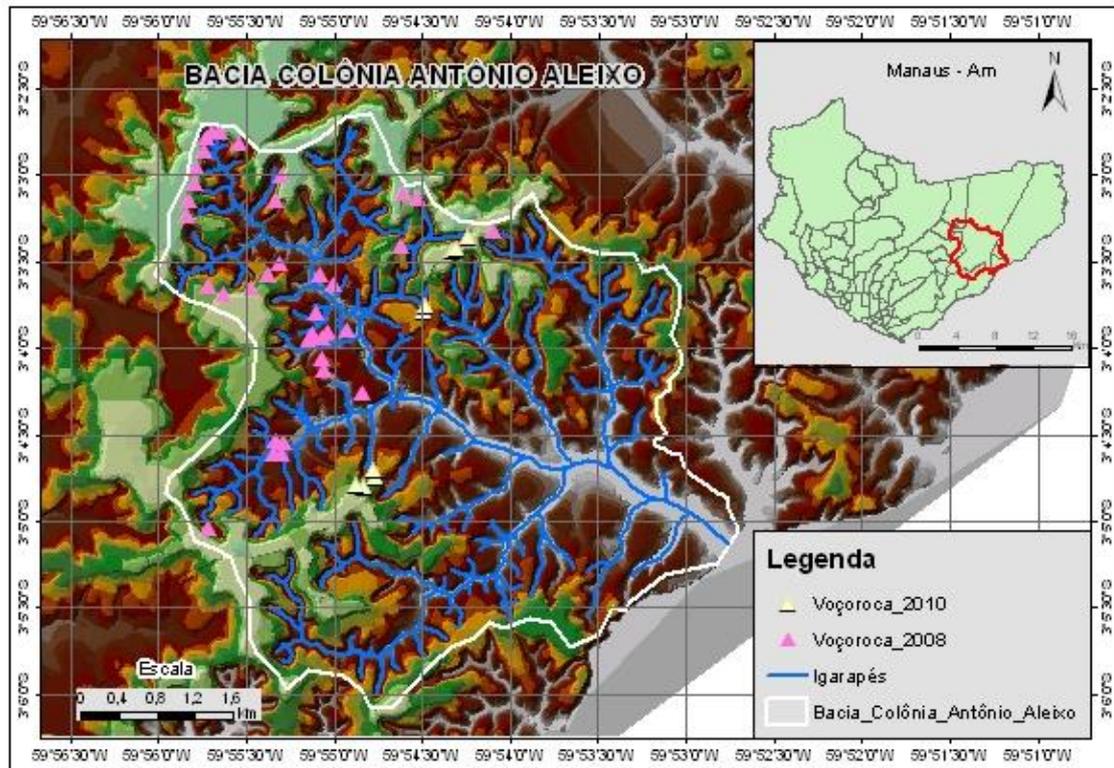
# ANEXO – 02

Morfometria das voçorocas em 2009 e forma da encosta.

Voc.	Tipo da Voc.	Forma da Voc.	Forma da encosta	Comp. (m)	Larg.(m)	Prof.(m)
1	Conectada	Retangular	Convexa/Convexa	74,0	33,7	16,0
2	Conectada	Retangular	Talude	45,4	19,0	16,0
3	Conectada	Retangular	Talude	80,0	38,0	17,0
4	Conectada	Retangular	Côncava/Convexa	44, 8	25,0	13,6
5	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	30,0	18,4	11,8
6	Conectada	Bifurcada	Convexa/Convexa	44,0	34,2	9,7
7	Integrada	Retangular	Convexa/Côncava	60,0	43,5	30,0
8	Integrada	Bifurcada	Convexa/Côncava	40,0	66,0	24,0
9	Integrada	Retangular	Convexa/Convexa	109,0	44,2	22,0

# ANEXO – 03

Localização das voçorocas da Bacia Colônia Antônio Aleixo. Manaus / AM.



# ANEXO – 04

Análise das voçorocas monitoradas em 2006.

\*Em 2006 foram contabilizados apenas os danos por área, ficando de fora os danos por m<sup>3</sup>.

Voc.	2006		
	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Danos* (R\$)
1	1.855,00	53.424,00	127.160,25
2	797,90	11.010,30	54.692,62
3	4.560,00	77.520,00	312.588,00
4	1.454,40	21.379,70	99.699,12
5	1.710,00	20.520,00	117.220,50
6	988,00	34.160,00	57.307,80
7	2.566,20	4.614,30	175.913,01
8	943,50	77.100,60	64.676,93

9	3.245,60	1.866,80	222.488,62
<b>Total</b>	<b>18.120,60</b>	<b>301.595,70</b>	<b>1.231.746,85</b>

## ANEXO – 05



Figura 05. Voçoroca 01. 09.06.10

## ANEXO -06

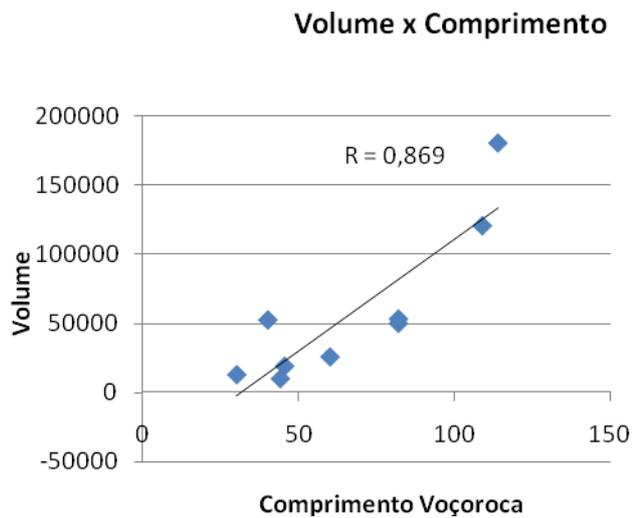


Gráfico 01. Correlação entre volume erodido e comprimento da voçoroca.

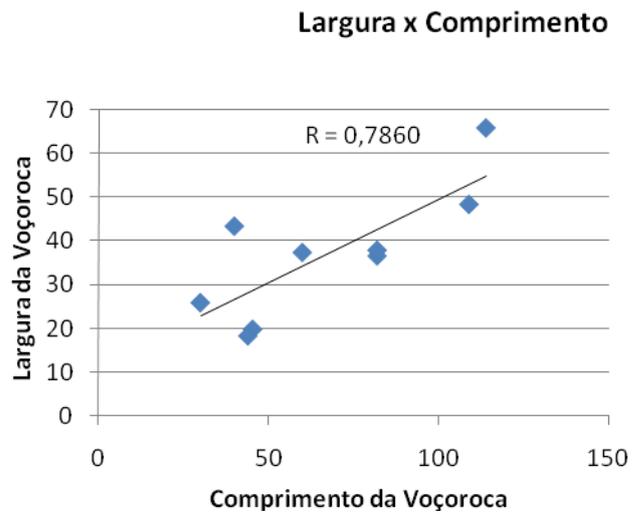


Gráfico 02. Correlação entre largura e comprimento da voçoroca.

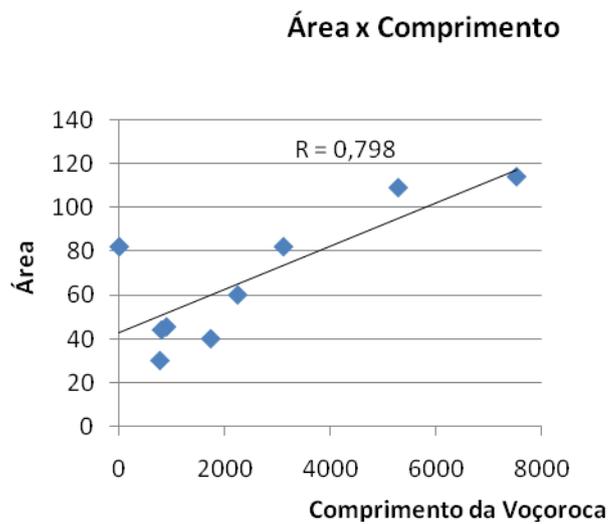


Gráfico 03. Correlação entre área erodida e comprimento.

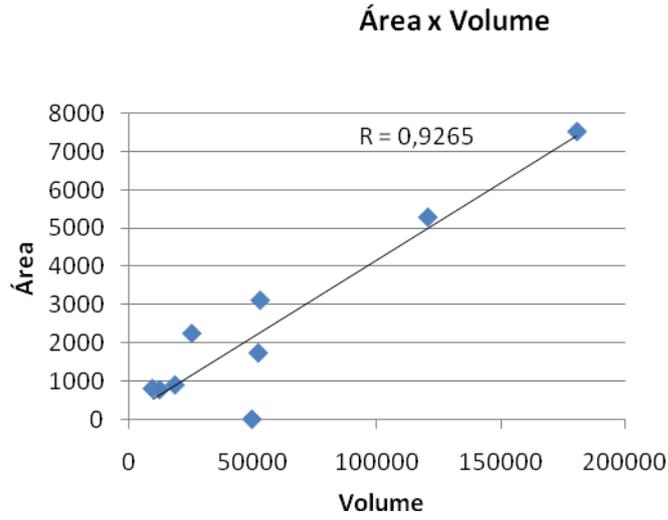


Gráfico 04. Correlação entre área e volume erodido da voçoroca.

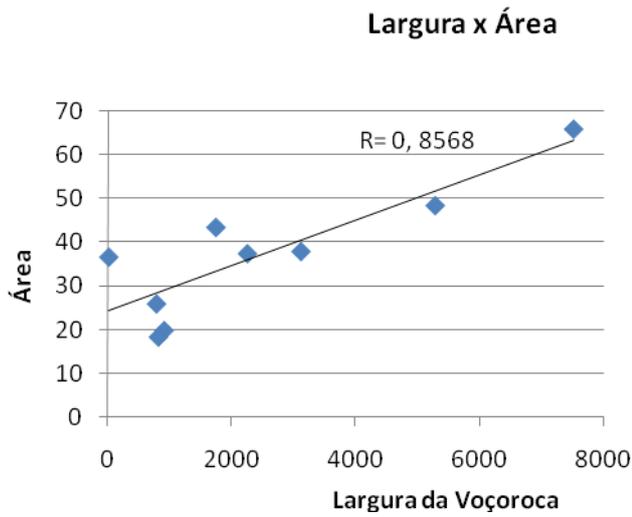


Gráfico 5. Correlação entre largura e área da voçoroca.